

IMPLEMENTASI SISTEM PENGISIAN DAN PENYEIMBANG DAYA PADA SEL BATERAI DI KENDARAAN LISTRIK

(IMPLEMENTATION OF CHARGING AND BALANCING POWER SYSTEM ON BATTERY CELL IN ELECTRIC VEHICLE)

Heru Nuraditya, Mohamad Ramdhani, S.T.,M.T.², Ekki Kurniawan, ST.,MSc³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

herunuraditya1@gmail.com¹, mohamadramdhani@telkomuniversity.ac.id²,

Ekkikurniawan2012@gmail.com³

Abstrak

Baterai multisel sangat dibutuhkan untuk kendaraan elektrik pada akhir dekade ini agar daya baterai dapat bertahan lama dalam melakukan perjalanan yang jauh. Selain menjaga daya agar dapat bertahan lama, diperlukan juga sebuah system yang dapat mengisi lebih cepat agar dapat mengefisiensi waktu.

Multisel baterai adalah suatu baterai yang dikemas terdiri dari beberapa sel baterai yang disusun secara seri agar dapat menambah kapasitas sesuai keperluan. Dikarenakan terdiri dari beberapa sel, maka diperlukan penyeimbangan kapasitas dalam proses pengisian upaya dalam bentuk pencegahan terjadinya *overcharging*. Sistem pengisian ini menggunakan metode *Constant voltage / constant current controller* yang berfungsi mengendalikan arus dan tegangan pada siklus pengisian. Selain metode pengisian daya, ada juga metode penyeimbangan daya dengan menggunakan *topology Flyback*. Sistem ini menggunakan perhitungan *State Of Charge (SOC)* yang berfungsi mengidentifikasi nilai arus, tegangan, dan kapasitas.

Pada keseluruhan sistem, kedua sistem dapat saling bekerja sama untuk mengisi dan menyeimbangkan daya pada baterai multisel dengan keakuratan penyeimbangan daya 90% dilihat dari tegangan setiap selnya.

Kata Kunci: *Multicell, Lithium polymer, state of charge, penyeimbang, pengisian.*

Abstract

Multicell battery is very important for electric vehicle in last decade to keeping the power longer so the electric vehicle can be operated longer. Beside to keeping power longer, battery needs to charge faster which can decrease charging time.

Multicell battery is a battery which packed with more than one cell with series topology which can increasing the voltage. Because of battery is packed more than one cell, so it needs balancing power circuit in charging process to avoid overcharging one of the cells which has a higher voltage than other. Charging system is using Constant Voltage / Constant Current method which is to control current and voltage in charging cycle. Beside charging power system, there is method for balancing power system which is Flyback Topology. These systems use calculation State of Charge which is to identify the value of current, voltage, and measure capacity.

In the charging system, Constant current operates for approximately 400 seconds while the Constant voltage operates for almost an hour. In the test to determine the battery internal resistance, the value of battery internal resistance decreases with the following values of current and voltage. In balancing system implementation, the balancing system output voltage is 4.52 Volt with current 6.6 mA, frequency 50.000 Hz, 50% duty cycle, balancing circuit power equal to 0.03 Watt.

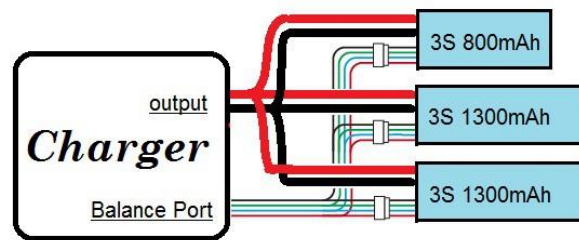
Keywords: *Multicell, Lithium polymer, state of charge, balancing, charging.*

1. Pendahuluan

Pada baterai yang berbahan dasar Polimer Lithium, dapat terjadi kerusakan material aktif ketika terjadi pengisian berlebih atau *overcharging* sehingga dapat mengurangi usia pada baterai. Oleh karena itu pengisian daya dan penyeimbangan daya secara efisien dan akurat dibutuhkan agar dapat terhindar dari pengisian berlebih

(*Overcharging*) atau pengosongan berlebih (*Overdischarging*) karena di dalam struktur kimia pada baterai LiPo tidak memiliki mekanisme sistem penyeimbang daya secara alami.

Pengisi baterai pada kendaraan listrik seharusnya dapat lebih cepat dan aman agar peminat kendaraan listrik lebih banyak. Pengisi daya pada baterai di kendaraan listrik membutuhkan waktu yang lama sehingga pengguna lebih memilih kendaraan diesel yang membutuhkan waktu yang cepat. Padahal, kendaraan listrik dari segi finansial lebih murah dan dari segi emisi hampir tidak ada dari pada kendaraan diesel.



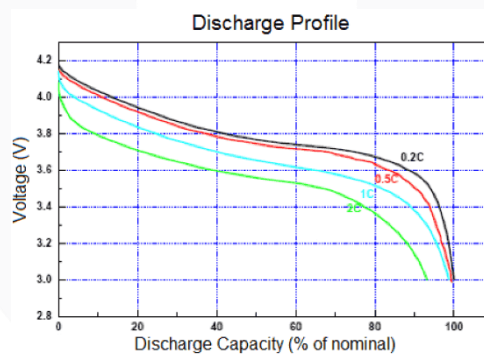
Gambar 0.1 Skema pengisian dan penyeimbangan daya

Pada Gambar I.1 terlihat skema pengisian dan penyeimbangan daya pada baterai LiPo. Pada bagian *Balance Port* umumnya pada alat pengisian komersial memiliki waktu yang lama untuk menyeimbangkan daya pada baterai dikarenakan menggunakan komponen pasif seperti resistor pada saat penyeimbangan. Selain itu, pada komponen pasif jika daya yang dilaluinya terlalu besar, maka terjadi peningkatan suhu yang dapat berakibat fatal pada sistem penyeimbang daya itu sendiri.

2. Dasar Teori

2.1. State Of Charge

Perhitungan *State Of Charge* (SOC) adalah salah satu aspek penting dalam melakukan pengisian dan penyeimbangan daya pada baterai. Estimasi dari SOC untuk status baterai dapat menghindari kerusakan internal baterai yang dapat mengakibatkan usia baterai berkurang jika *overdischarged* dan mengakibatkan ledakan jika *overcharged*.



Gambar II.2 Kurva pengosongan baterai.

Untuk mengetahui karakteristik suatu baterai, pada umumnya terdapat kurva pengosongan baterai tersebut. Gambar II.2 adalah kurva pengosongan baterai dengan jenis *Lithium polymer*. Dari gambar tersebut dapat kita lihat bahwa, tegangan maksimal pada satu sel baterai adalah 4,2 Volt dinyatakan baterai dalam keadaan penuh dan tegangan minimal adalah 3 Volt dinyatakan baterai dalam keadaan kosong.



Gambar II.3 Bateri multisel *Lithium polymer*.

Baterai multisel adalah suatu baterai yang terdiri dari beberapa sel baterai yang disusun secara seri sehingga dapat meningkatkan tegangan. Pada gambar II.3, salah satu contoh baterai multisel yang memiliki 4 sel dengan nilai tegangan normal 14,8 Volt sesuai yang tertera pada kemasan baterai multisel. Ini menjelaskan bahwa, baterai ini memiliki 4 sel baterai yang disusun secara seri yang setiap selnya memiliki tegangan normal 3,7 volt. Selain jumlah tegangan dan jumlah sel yang tertera pada kemasan, terdapat pula 5200 mAh yang menjelaskan bahwa baterai ini dapat mengeluarkan arus ke beban bernilai 5200 mA secara konstan selama satu jam yang mengakibatkan baterai kosong setelah satu jam begitu juga sebaliknya, jika arus pengisian diberi sebesar 5200 mA maka mengakibatkan baterai penuh.

Dari data baterai yang tertera di kemasan baterai multisel ini, sistem *State of charge* dapat dirancang dengan menjadikan acuan dari data tersebut agar tidak terjadi kesalahan seperti *overcharging* yang dapat mengakibatkan berkurangnya usia baterai sampai dengan menghasilkan ledakan yang berbahaya.

2.2. Cell Balancing

Pada baterai multisel, sistem ini merupakan hal paling penting dalam sistem pengisian daya. Sistem ini adalah salah satu dari sistem yang dapat mempercepat proses pengisian daya pada baterai dan dapat mencegah terjadinya kerusakan dalam baterai yang dapat memperpendek umur baterai dan mencegah terjadinya peningkatan suhu yang sangat drastis sampai dengan ledakan.

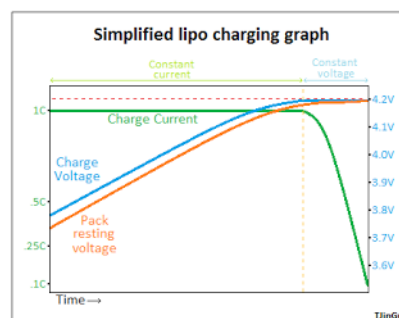


Gambar II.5 Sel baterai yang tidak seimbang.

Pada gambar II.5, terlihat 3 sel baterai yang tegangannya tidak seimbang. Gambar tersebut diasumsikan baterai disusun secara seri. Ketika siklus pengisian daya, pada baterai yang memiliki tegangan 90% dari tegangan maksimum, akan membutuhkan waktu sedikit untuk dapat mencapai tegangan maksimum yaitu 4,2 volt. Pada baterai yang memiliki tegangan 30% dan 10% tidak akan mencapai tegangan maksimum jika sistem pengisian berhenti. Maka dari itu, sistem pengisian akan terus berjalan hingga tegangan semua sel baterai bernilai 4,2 volt sedangkan sel baterai yang memiliki tegangan 90% pada awal siklus sudah mencapai tegangan maksimum terlebih dahulu daripada sel – sel lainnya akibatnya, sel itu akan mengalami *overcharge*. Pada akhirnya, jika siklus ini terus berlangsung tanpa ada perbaikan maka, baterai multisel tidak akan memiliki umur pakai yang lama dan ketika selisih daya antar sel semakin lama semakin jauh maka, siklus *overcharging* akan semakin lama dan dapat menaikkan suhu baterai secara drastis sehingga dapat mengakibatkan ledakan.

2.3. Pengisian daya dengan metode *Constant Current/Constant Voltage*

Metode ini digunakan untuk pengisian daya terutama pada baterai yang berbahan dasar Lithium. Metode ini mengisi daya pada baterai dengan mengirimkan tegangan konstan atau arus konstan dengan nilai yang maksimum yang dapat ditolerir baterai agar umur baterai tetap terjaga.



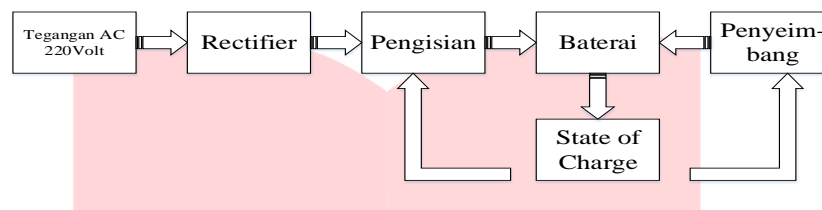
Gambar II.4 Grafik arus dan tegangan .

Sesuai dengan gambar II.4, keadaan *constant current* pada saat pengisian, nilai tegangan tetap naik bersamaan tegangan pada baterai yang sedang terisi hingga batas maksimal bernilai 4,2 Volt. Pada saat tegangan mencapai maksimal maka, *constant current mode* akan berubah menjadi *constant voltage mode* dan arus akan turun hingga mendekati 0 A.

3. Pembahasan

3.1. Perancangan system

Sistem yang dirancang akan mampu memantau, mengisi, dan menyeimbangkan antar sel baterai. *State of Charge* akan mengevaluasi tegangan setiap sel pada baterai multisel sebelum melakukan pengisian. Setelah itu sistem penyeimbang akan menyeimbangkan antar sel dalam multisel baterai jika terdeteksi tegangan yang tidak seimbang.



Gambar III.1 Diagram blok

Gambar III.1 menunjukkan cara kerja sistem pengisian, *state of charge*, dan penyeimbang. Dari gambar III.1 terdapat baterai sebagai input bagi *state of charge* untuk memperoleh data tegangan dari kondisi awal pada baterai tersebut. Siklus pengisian baterai berdasarkan dari data tersebut. Tegangan dan arus yang akan dikeluarkan di kontrol menggunakan metode CC/CV (*Constant Current / Constant Voltage*). Selama pengisian berlangsung, *state of charge* akan tetap memantau tegangan dan arus yang masuk ke baterai serta tegangan setiap sel pada baterai. Jika ketika pengisian terdapat salah satu sel baterai yang terdeteksi tidak seimbang antara sel lainnya, maka proses pengisian diberhentikan dan sistem penyeimbangan daya akan beroperasi.

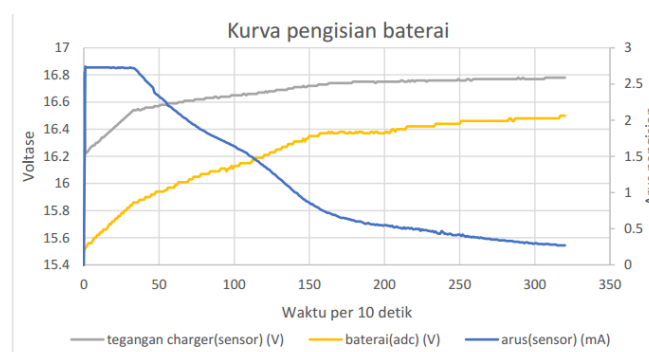
3.2. Pengujian sistem pengisian daya pada baterai multisel

Sistem pengisian ini akan menggunakan *Buck converter* dimana memiliki fitur yang memenuhi spesifikasi dari perancangan sistem pengisian.



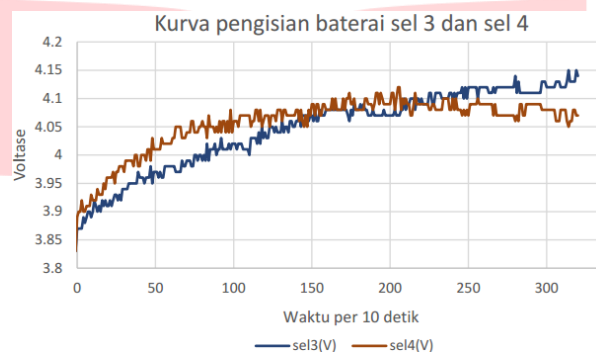
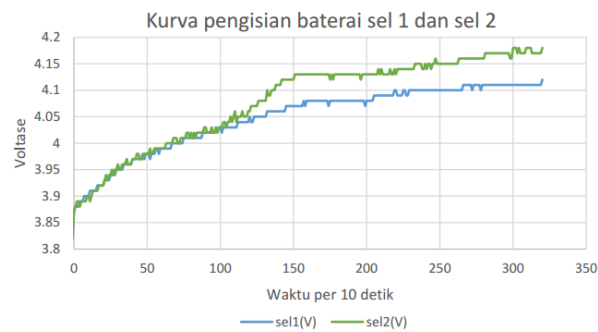
Seperti terlihat pada gambar, modul ini memiliki dua resistor variabel yang dapat diatur secara manual. Resistor variabel tersebut berfungsi untuk mengendalikan nilai tegangan dan arus yang keluar. Pada implementasi, arus yang keluar pada modul ini untuk mengisi daya pada baterai diatur sebesar 2,7 A dengan tegangan keluaran sistem pengisian adalah 16,8 V.

Dari implementasi tersebut, dapat diperoleh data tegangan baterai, tegangan keluaran pada sistem pengisian, dan arus keluaran pada sistem pengisian.



Seperti terlihat pada gambar, arus sistem pengisian pada siklus pertama saat pengisian adalah konstan dan tegangan sistem pengisian pada siklus pertama terus meningkat bersamaan dengan tegangan baterai.

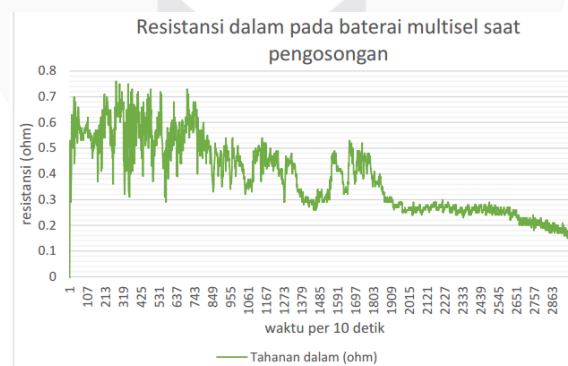
Pada implementasi diatas, pengisian daya dilakukan pada baterai yang memiliki 4 sel baterai dimana disusun seri. Akibatnya, terdapat salah satu sel yang lebih cepat mencapai tegangan maksimal.



Seperti terlihat pada grafik, sel 1 telah mencapai tegangan maksimal yaitu 4,2 Volt untuk jenis *Lithium Polymer*. Akibatnya, sel 1 akan mengalami *overcharging* dimana dapat merusak baterai hingga terjadi ledakan. Maka dari itu, pengisian baterai multisel membutuhkan sistem penyeimbang daya agar terhindar dari kerusakan pada baterai.

3.3. Pengujian perhitungan resistansi dalam baterai

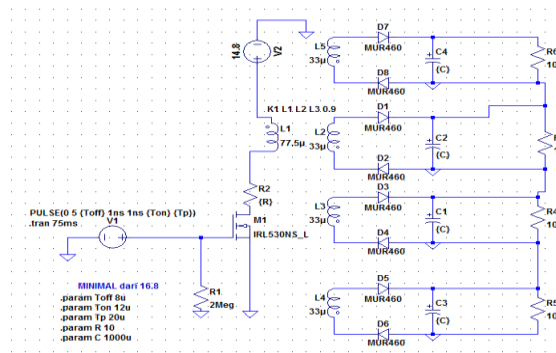
Resistansi dalam baterai merupakan salah satu aspek penting dalam sistem pengisian. Analisis resistansi dalam baterai menggunakan teknik pengosongan baterai dan menggunakan resistor. Setelah melakukan percobaan ini, grafik data diperoleh.



Pada grafik, terlihat nilai resistansi turun pada saat pengosongan. Turunnya nilai resistansi dalam tersebut bersamaan dengan turunnya tegangan dan arus pada baterai tersebut.

3.4. Sistem penyeimbang daya

Sistem penyeimbang daya ini menggunakan *Flyback topology* dengan perancangan akan menurunkan tegangan dari 16.8 V menjadi 4.2 V



Pada gambar , terlihat rangkaian *Flyback topology* yang menggunakan *single input multi output* sehingga, pada sisi sekunder terdapat empat lilitan sekunder yang terhubung dengan rangkaian *half wave rectifier*.

4. Kesimpulan

Pada keseluruhan sistem, kedua sistem dapat saling bekerja sama untuk mengisi dan menyeimbangkan daya pada baterai multisel dengan keakuratan penyeimbangan daya 90% dilihat dari tegangan setiap selnya.

Daftar Pustaka

- [1] S.W. Moore, "Method and apparatus for balancing multi-cell lithium battery systems", October 24 2006, US Patent 7,126,312.
- [2] T. J. Liang, T. Wen, K. C. Tseng and J. F. Chen, "Implementation of a regenerative pulse charger using hybrid buck-boost converter," *Power Electronics and Drive Systems, 2001. Proceedings., 2001 4th IEEE International Conference on*, 2001, pp. 437-442 vol.2.
- [3] M. Daowd, N. Omar, P. Van Den Bossche and J. Van Mierlo, "Passive and active battery balancing comparison based on MATLAB simulation," *2011 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*, Chicago, IL, 2011, pp. 1-7.
- [4] B. G. Kim, F. P. Tredeau and Z. M. Salameh, "Fast chargeability lithium polymer batteries," *Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 2008 IEEE*, Pittsburgh, PA, 2008, pp. 1-5.
- [5] D. Stoltzka and W. S. Dawson, "When is it intelligent to use a smart battery?," *Battery Conference on Applications and Advances, 1994., Proceedings of the Ninth Annual*, Long Beach, CA, USA, 1994, pp. 173-178.

- [6] W. XueZhe, Z. Xiaopeng and H. Dai, "The application of flyback DC/DC converter in Li-ion batteries active balancing," *2009 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*, Dearborn, MI, 2009, pp. 1654-1656.
- [7] H.-S. Park, C.-E. Kim, G.-W. Moon, J.-H. Lee and J.K. Oh, "Two-Stage Cell Balancing Scheme for Hybrid Electric Vehicle Lithium-Ion Battery Strings," in *Proc. IEEE Power Electronics Specialists Conference*, pp. 273-279, 2007.
- [8] Jian Cao, Nigel Schofield and Ali Emadi, "Battery balancing methods: A comprehensive review," *IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC 08*. pp. 1-6, 2008.
- [9] Jong-Won Shin, Gab-Su Seo, Chang-Yoon Chun, and Bo-Hyung Cho, "Selective Flyback Balancing Circuit with Improved Balancing Speed for Series Connected Lithium-ion Batteries," *the 2010 International Power Electronics Conference (IPEC)*, pp. 1180-1184, August 2010.
- [10] Chol-Ho Kim, Hong-Sun Park, Chong-Eun Kim, Gun-Woo Moon, and Joong-Hui Lee, "Individual Charge Equalization Converter with Parallel Primary Winding of Transformer for Series Connected Lithium-Ion Battery Strings in an HEV," *Journal of Power Electronics*, Vol. 9, No. 3, pp. 472-480, May 2009.
- [11] T. H. Phung, J. C. Crebier, A. Chureau, A. Collet And N. T. Van Nguyen, "Optimized Structure for Next-to-Next Balancing of SeriesConnected Lithium-ion Cells," *26th Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)*, pp. 1374-1381, 2011.
- [12] Dorin V. Cadar, Dorin M. Petreus and Toma M. Patarau, "An Energy Converter Method for Battery Cell Balancing," *IEEE 33rd International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE)*, pp. 290-293, 2010.
- [13] K. Nishijima, H. Sakamoto, K. Harada, "A PWM controlled simple and high performance battery balancing system," in *Proc. IEEE Power Electronics Specialists Conference*, pp.517-520, 2000.
- [14] A. Affanni, A. Bellini, G. Franceschini, P. Guglielme, and C. Tassoni, "Battery Choice and Management for New-Generation Electric Vehicles," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 52, no. 5, pp. 1343-1349, Oct. 2005.
- [15] G.-B. Koo, "Design Guidelines for RCD Snubber of Flyback Converters," *Fairchild Application Note AN-4147 Rev. 1.1.0*
- [16] H. Maleki and J. Howard, "Effects of overdischarge on performance and thermal stability of a Li-ion cell," *J. Power Sources*, vol. 160, no. 2, pp. 1395–1402, Oct. 2006.
- [17] S. W. Moore and P. J. Schneider, "A review of cell equalization methods for lithium ion and lithium polymer battery systems," in *Proc. SAE World Congr.*, Detroit, MI, USA, Mar. 2001.
- [18] K. Zhi-Guo, Z. Chun-Bo, L. Ren-Gui, and C. Shu-Kang, "Comparison and evaluation of charge equalization technique for series connected batteries," in *Proc. 37th IEEE Power Electron. Spec. Conf.*, 2006, pp. 1–6.

- [19] X. Zhang, P. Liu, and D. Wang, "The design and implementation of smart battery management system balance technology," *J. Converg. Inf. Technol.*, vol. 6, no. 5, pp. 108–116, May 2011.

